

実環境での車いす駆動中の上肢負担の評価に関する 基礎研究

著者	小林 大亮
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	86
号	2
ページ	66-67
発行年	2018-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/00123415

修士学位論文要約（平成 29 年 9 月）

実環境での車いす駆動中の上肢負担の評価に関する基礎研究

小林 大亮

指導教員：渡邊 高志

A Basic Study on Load Evaluation of Upper Limbs During Wheelchair Propulsion Under the Practical Condition

Daisuke Kobayashi

Supervisor: Takashi WATANABE

Manual wheelchair (WC) is an effective device for assisting independent life for motor disabled subjects. However, since it needs repetitive movement to its users, many users are suffered from carpal tunnel syndrome or shoulder pain. Joint moment estimation can evaluate load on upper limbs directly during WC propulsion. The aim of this study was to develop an estimation method of joint moment during WC propulsion under the practical condition and to study how to use joint moment as an evaluation index of the load on WC user's upper limbs. First, an estimation method of upper limb joint moments during WC propulsion was developed using inertial measurement units (IMUs) and SmartWheel system. Estimated shoulder joint moment showed more than 0.9 of correlation coefficient between the developed estimation method using IMUs and the previous method using 3-D motion capture system. This result suggested that the developed method can estimate shoulder joint moment similar to the previous method. Next, the ratio of shoulder moment to the resultant force on handrim and to tangential force of hand rim was calculated. Difference of the efficiency between low-load and high-load conditions were different among indexes and subjects. It is necessary to study the meaning of the efficiency based on measurements with WC users.

1. はじめに

自走式車いすは、折りたたみが可能で持ち運びが比較的容易であり、駆動に補助者を必要としないことから、運動機能が低下・喪失した患者が自立した生活を送る上で有効な福祉機器である。しかしながら、駆動に際し上肢を用いて同じ動作を繰り返す必要があるため、上肢への負担が大きく、使用者の多くが手根管症候群や肩関節痛に悩まされている¹⁾。このような身体の負担を定量化する方法の1つに関節モーメントの推定があり、各関節まわりの筋出力の大きさ、すなわち負担に関する情報が得られるため、上記の症状の発症リスクを評価することが可能になると考えられる。しかし、従来の一般的な関節モーメントの推定法は、臨床での使用が困難な3次元動作解析装置を用いるため、車いすの実使用環境下での使用が困難である。そこで本研究では、3次元動作解析装置の代わりに、計測環境の制限の少ない小型無線慣性センサを用いた関節モーメントの推定法（IMU法）を構築し、3次元動作解析装置を用いる方法（カメラ法）との比較を行った。また、車いす駆動中の上肢の負担の評価指標としての利用可能性を検討するため、車いす駆動の効率を評価する指標としての関節モーメントの利用法について検討を

行った。

2. IMU法の構築及びカメラ法との比較

先行研究で開発されたクォータニオンを用いた角度推定法²⁾により、IMU法の構築を行った。関節モーメントの推定では、並進・回転についての運動方程式（ニュートン・オイラー（N-E）方程式）を解くN-E法が一般的に用いられる。カメラ法では、N-E法に必要な身体部位の動作の情報を3次元動作解析装置を用いて計測するが、この計測を慣性センサにより代替することでIMU法を構築した。この時、慣性センサから得られる加速度や角加速度の情報をを用いて部位の傾斜角度を算出するために、先行研究で開発されたクォータニオンを用いた角度推定法²⁾を使用した。また、両推定法ともにリムに加えられた力の計測にはホイール型力の力覚センサを使用した。

IMU法、カメラ法のそれぞれによる推定値の差異について検討するため、慣性センサ、3次元動作解析装置、力覚センサの同時計測実験を行った。健常男性2名を被験者とし、駆動速度および駆動時の手部の移動軌跡により定義される駆動パターンからなる9種類の駆動条件を設定し、エルゴメータ上での駆動を計測した。図1にカメラ法とIMU法により推定した関節モーメントの相関係数

を駆動速度毎に比較した結果を示す。肩関節モーメントについては相関係数が各駆動速度において0.9以上となったため、IMU法によりカメラ法と類似の推定が行えることが示唆された。

3. 効率の評価指標としての利用の検討

過去の報告において、リムに加えた力のノルム(F_N)と接線方向に加えた力(F_T)の比(F_T/F_N)を用いて駆動の効率の評価が行われている³⁾。本研究では、肩関節モーメント(M_S)に着目し、新たに2つの効率 F_T/M_S と F_N/M_S を提案した。これらはそれぞれ、肩関節で発生したモーメントがリムに加えられた力に寄与した効率と、推進に寄与した効率となる。また、 F_T/M_S が肩関節モーメントと推進の間の全体的な効率を意味するのに対して、 F_N/M_S 、 F_T/F_N は部分的な効率を意味する。

駆動負荷の変化に対する効率の変化を検討するため、エルゴメータ上で3人の健康者を対象として慣性センサおよび力覚センサを用いて車いす駆動動作の計測を行った。駆動速度とエルゴメータの回転負荷をそれぞれ3条件設定し、各条件を2試行ずつ行った。効率の算出は、各サイクルから抽出した F_N 、 F_T 、 M_S のピーク値の比を計算することで行った。また、被験者の体重(BW)で正規化した F_T を用いて閾値 $F_T=14\%BW$ を設定し、低負荷走行、高負荷走行に分割した。この閾値は健康者10人による平地および傾斜路での車いす走行実験の結果を基に決定した。図2に低負荷走行に対する高負荷走行の各効率の平均値の変化率を示す。被験者1については F_N/M_S が大きく減少していることから、 F_T/F_N が増加しているにも関わらず全体の効率である F_T/M_S は減少している。また、被験者2については F_N/M_S 、 F_T/F_N の両方が増加していることから F_T/M_S も増加している。このように、被験者毎に各効率の変化が異なっていることが確認され、本研究で提案した2つの効率を導入することで、被験者毎の駆動効率の変化の違いを捉えることが可能になると考えられ、このことから、肩関節モーメントを用いた車いす駆動の効率に関する指標の有効性が示唆される。

4. まとめ

本研究では、慣性センサを用いた関節モーメント推定法を構築し、肩関節モーメントに関しては従来の方法と類似の推定が行えることを確認した。また、肩関節モーメントを用いた車いすの駆動効率を評価する指標を提案し、駆動効率の変化の被験者毎の違いを捉える指標として有効であることを示唆する結果を得た。

今後は、多数の車いす使用者を対象とした解析から、提案した効率指標の使用法についてさらに検討を行う必要があると考えられる。

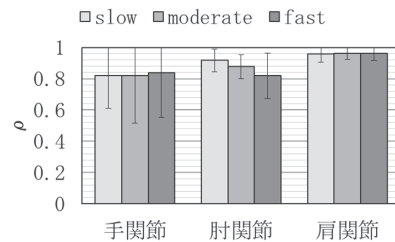


図1. カメラ法とIMU法により推定した関節モーメントの相関係数の駆動速度での比較

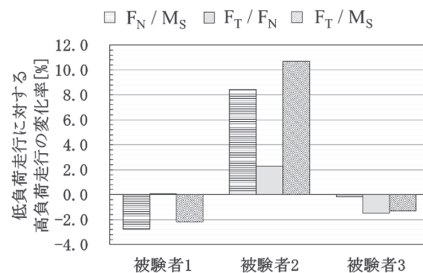


図2. 低負荷走行に対する高負荷走行の F_N/M_S 、 F_T/F_N 、 F_T/M_S の変化率

文献

- 1) M. Alm, H. Saraste and C. Nobbrink: Shoulder pain in persons with thoracic spinal cord injury: prevalence and characteristics, *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 40, no. 4, pp. 277-283 (2008)
- 2) Takashi Watanabe, Yuta Teruyama and Kent Ohashi: Comparison of angle measurements between integral-based and quaternion-based methods using inertial sensors for gait evaluation, *Communications in Computer and Information Science*, vol. 511, pp.274-288 (2015)
- 3) A. J. Dallmeijer, L. H. van der Woude, H. E. J. Veeger, A. P. Hollander: Effectiveness of Force Application in Manual Wheelchair Propulsion in Persons with Spinal Cord Injuries, *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 77, no. 3, pp.213-221 (1998)